

車車間通信による効率的な画像配信方式の提案と考察

齋藤淑^{†1} 吉川潤^{†1} 小花貞夫^{†1}

走行中のドライバに交通流状況や広告等の情報を配信する場合、画像情報として提供することが効果的である。本研究では車車間通信を用いて交通流状況や広告等の情報を、画像情報として周辺の一定範囲に効率よく配信する方式を提案し、シミュレーション評価を通じて、その有効性を考察した。提案方式ではIEEE802.11eのEDCAのパラメータであるTXOPを用いて帯域の送信機会を占有させることによって、画像情報を構成するパケットの連続転送を行う。シミュレーション評価により、単純なフラッディングより約10%以上画像情報の取得率が向上することがわかった。

A Study on Efficient Delivery Method of Image Information using Inter-Vehicle Communications

KIYOSHI SAITO^{†1} JUN YOSHIKAWA^{†1}
SADAO OBANA^{†1}

In this paper, we proposed an efficient delivery method for image delivery system using inter-vehicle communications, and then we showed effectiveness of the proposed method through computer simulation. We adopted the mechanism of IEEE802.11e EDCA(Enhanced Distributed Channel Access) to occupy a channel for consecutive packets transmission. From our simulation result, the method improved image reception ratio by up to 10 percent compared to the conventional flooding method.

1. はじめに

ドライバの快適性や利便性を向上させるために、車車間通信を利用して画像情報を配信する研究が行われている[1][2][3]。最近では、カーナビゲーションシステムの普及やフロントガラスに情報を投影するヘッドアップディスプレイシステムの開発もされており、様々な情報を視覚的に表示することが容易になりつつある。そこで、本研究では車車間通信を用いて交通流状況や広告等の情報を、画像情報として周辺の一定範囲に配信することが将来的に望まれると考えた。交通流状況については、画像情報ではなく混んでいるか混んでいないかなどの単純な文字情報も考えられるが、ドライバによって混雑度合の判断基準が異なるといえるため、画像情報による提供により、ドライバに直感的に判断させることが望ましい。また、広告情報の配信は車車間通信を行う車載器を普及させるためのモチベーションを高める一手段となると考えられる。本稿ではこれらの画像情報を効率よく配信する方式を提案し、シミュレーション評価を通じて、その有効性を考察する。

2. 画像配信の概要

本研究で想定する画像配信について述べる。現在路側機から配信される情報のほとんどは、ハイウェイラジオやVICSに代表される文字や音声、地図データ上に表示する

情報である。一方、画像配信が行えることによって、ドライバや同乗者に対して直観的な情報を効果的に与えることが可能である。本研究では、主に、交通流状況と広告情報に関する二種類の画像情報を周辺の一定範囲に配信することを想定する。図1に画像配信についての概要図を示す。



図1: 画像配信についての概要

以下それぞれについて詳しく述べる。

2.1 画像情報の種類

2.1.1 交通流状況

交通流状況に関する画像情報は、交通流が変化しやすい交差点などにカメラを設置し、そこが発信源となって、その画像情報を、付近を走行する車両に配信する。なお、各交差点にカメラを設置することはコスト的に難しいと考え

^{†1} 電気通信大学大学院情報理工学研究科
Graduate School of Informatics and Engineering, The University of
Electro-Communications

られるため、交通流が集中する大きな交差点などに限定する。配信する画像情報は連続する画像を1セットとして配信する。交通流状況についてはTTL(生存期間)を小さく設定し、古い交通流状況が拡散されないようにする。

2.1.2 広告情報

広告情報に関する画像情報は、広告を配信したい店舗のから近くの車両に配信される。画像に載せる情報としてはセール中の情報やクーポンなどが挙げられる。広告情報については配信する側でTTLを設定できるようにすることで、タイムセールや今週の広告といったようなサービスを行えるようにする。

2.2 検討の前提条件

車両は次のような状態を想定する。

- (1) 車車間通信を行う車載器を搭載
- (2) GPSを搭載し、現在位置を取得可能
- (3) カーナビゲーションシステムを搭載し、地図情報を取得可能
- (4) 画像情報を格納するHDDを搭載

また、交通流状況を配信する交差点には路車間通信を行うための無線通信装置(路側機)、広告情報を配信する店舗にも同様の無線通信装置が備えられているものとする。各車両は配信された画像情報を受信すると、車車間通信を用いて他の車両に転送して、画像情報の拡散を行う。

3. 関連研究

車車間通信を用いた画像配信に関連する研究として、ビデオ配信の研究が盛んに行われている。文献[1]では車車間通信によって車車間の協調動作を行うことにより、交差点内の鳥瞰映像を作成し、それをブロードキャストしてリアルタイム配信を実現するという研究である。また、文献[2]では、車両がある遠隔地に対して周辺の映像のリクエストを送信することで、付近の車両がビデオ撮影を行い、それをライブビデオとして配信する手法である。また、文献[3]では、高速道路における車車間通信によるライブ配信のパフォーマンスについて、画質指標であるPSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)を用いた評価を行っている。

本研究では、交通流状況や広告情報を対象としているため、ドライバや同乗者がこれらの情報を認識し判断を行うには、ある程度離れた位置で情報を取得する必要がある。そのためには遅延の少ない配信方法が必要である。しかし、ブロードキャストではないビデオ配信では、本研究で対象としている交通流状況や広告情報は、比較的広範囲に配信対象をとる必要があるため、広く配信することができないという問題点がある。また、ブロードキャストのビデオ配

信では、帯域の圧迫や距離のある場所へ配信する際に画質の低下や遅延の発生が生じてしまう問題があり、交通流状況や広告情報の効果を下げってしまうといえる。

4. 提案方式

4.1 基本方針

前章で述べたように、交通流状況や広告情報はその情報効果を高めるために、遅延を少なくし広く拡散する必要性がある。しかし、既存のビデオ配信技術では帯域の圧迫や、ブロードキャストでの広範囲な配信が難しい。そこで本研究では画像配信によってビデオ配信における問題点を軽減することを考えた。交通流状況や広告情報では、単位時間あたりの変化量が大きくないため、ビデオ配信のような連続した情報でなくても、数枚の画像によって必要十分な情報量を与えることができる。さらに、パケット数が増えた場合においても遅延を抑えつつ効率的に情報を拡散するために、CSMAベースで帯域の占有を行う転送方式について提案する。帯域の占有時にはパケットの連続転送を行うことで、遅延を少なくし、効率的なデータ転送を行う。

4.2 画像情報の構成

1つの画像情報は複数の画像で構成され、配信時には1枚毎に転送するのではなく、まとめて転送することによって配信する。そのため、画像情報はある程度の容量になることが想定される。カーナビゲーションシステムの標準的なモニタサイズが7インチであることを考え、本研究ではQVGAまたはVGAでのJPEG圧縮の画像を対象とする。交通流状況の場合は画質が落ちたとしても、交通流を把握できると考えられるため、QVGAで複数の画像を合わせたものを画像情報とする。広告情報の場合にはどんな商品がセールされているか等を見るために、画像品質が求められると考えられるため、VGAで構成することとする。これらの画像情報は配信元において1パケットサイズで分割され、パケット番号で管理される。そのため、受信側では受信したパケットとそのパケット番号によって画像情報を復元する。データサイズは50KByte程度から500KByte程度と想定され、パケット数に換算すると最大で500パケット程度送信する必要がある。既存のCSMAでは、パケットを全て送信するまでに時間がかかってしまい、遅延が大きくなることが予想される。そのため次の転送方式において複数のパケットを効率的に転送する方式について述べる。

4.3 転送方式

ここでは複数のパケットを効率的に配信するための転送方式について述べる。提案する転送方式の主な特徴は次の3つである。

- (1) パケットの連続送信

(2) 送信機会の占有

ブロードキャストによる配信では、衝突等によりパケットロスの可能性があるため、全パケットを受信できない可能性が高い。そのため、複数のパケットを連続して送信することでデータを効率的に送信する。しかし既存の CSMA ではチャネルクリアな状態でなければ、連続した送信を行うことができない。そこで、IEEE802.11e（無線 LAN の品質制御機能）の EDCA（Enhanced Distributed Channel Access）機能を利用して端末（車両）からのパケットの連続送信を可能とする方法を検討した。具体的には、CSMA による送信機会取得時に、帯域を占有する時間をパケット中に格納し、そのパケットを受信した車両はその値を参照して送信待機時間（NAV: Network Allocation Vector）を設定する。内部的には 802.11e の EDCA のパラメータである TXOP（Transmission Opportunity）を利用することで連続送信可能な時間の設定を行う。

本研究では既存研究として、ホップ数あたりの転送距離を最大にし、配信した情報を広く拡散しつつ転送遅延を軽減するために Greedy Forwarding[4]を適用する。Greedy Forwarding は転送を行った車両から最も目的地に近い車両を次の中継車両として選択する方式である。

4.4 パケットの構成

パケットには以下の情報からなる。

- 画像情報の固有識別子
- 画像情報の種類
- 配信元の位置情報
- 中継車両の位置情報
- 全パケット数
- パケット番号
- 帯域占有時間
- ペイロード（画像情報本体）

画像情報の固有識別子は、画像情報そのものを区別するために使用される。画像情報の種類は、交通流状況のものか広告情報のものかを判別するためのものである。配信元の位置情報はカーナビゲーションシステム等の表示で利用するためのものである。中継車両の位置情報には、自分へ中継した車両の位置情報が格納される。配信元からの場合は、配信元の位置情報と同じ値である。これは Greedy Forwarding において最も遠い車両を選択する際に利用する。全パケット数とパケット番号については、画像情報を構成する全パケット数とそのパケットが全パケット中の何番目かを示すものである。これらは画像情報を復元する際に利用される。帯域占有時間については帯域を占有する時間である。ペイロードには画像情報の構成するデータが含まれ

る。

4.5 転送処理の流れ

配信元は一定間隔で画像情報を配信する。配信しようとした際に転送をしている車両がいる場合には、その車両の占有時間が終わった後に最優先で配信を行えるようにする。画像情報を構成する全てのパケットを受信できた場合には中継可能となり、中継可能な場合は、転送車両からの距離によって送信待機時間を設定する。送信待機時間中に同一の画像情報の固有識別子が含まれるパケットを受信しなければ中継を行う。他の画像情報を受信した場合には、占有時間が終了するまで待ち、終了後に送信を始める。転送処理における優先度は次のようになる。

- (1) 配信元からの転送
- (2) 配信元からの転送に対する中継
- (3) 中継車両からの転送に対する中継

5. シミュレーション評価

提案方式の有効性を評価するために汎用ネットワークシミュレータである Scenargie[5]を用いてシミュレーション評価を行った。

ここでは、広く拡散を行っているかどうかということに焦点をあてて、以下を評価項目とした。

- 画像情報取得率と時間の関係
- 画像情報を受信完了した位置と配信元の位置関係

比較対象は受信したパケットに対してすぐ転送を行う単純なフラッディングとする。ただし、既に送信したパケットを再受信した場合は、データを破棄し、転送を行わない。また、中継の際にも Greedy Forwarding は用いず、中継車両はランダムに選択する。送信待機時間は 5ms から 50ms の間でランダムに選択する。単純なフラッディングと提案手法のそれぞれについて、画像情報のデータサイズや送信機会占有時間をパラメータとして変更することで評価を行う。

5.1 シミュレーション条件

シミュレーション条件を表 1 に示す。

表 1: シミュレーション条件

マップ	格子状, 片側一車線, 一部交差点に信号有り, 道路以外は建物
マップサイズ	1.5km 四方
交差点間隔	300m 毎
車両	車両長 5m, 10-60km/h
車両台数	300 台
シミュレーション時間	330 秒
画像情報データサイズ	50,100,200,300,400,500kByte
交通流状況配信数	5
広告情報配信数	3
配信間隔	10 秒毎
送信機会占有時間	5,10,20,30,40,50ms
電波伝搬モデル	多賀モデル
通信方式/周波数帯	IEEE802.11p/5.9GHz 帯
伝送速度	3Mbps

シミュレーション中にパラメータとして変更するのは、画像情報データサイズと送信機会占有時間である。50kByte のときに 5ms, 100kByte のときに 10ms というようにパラメータを変更する。ここでまた、シミュレーションで使用する交通シナリオについて説明する。図 2 にシナリオの概要図を示す。

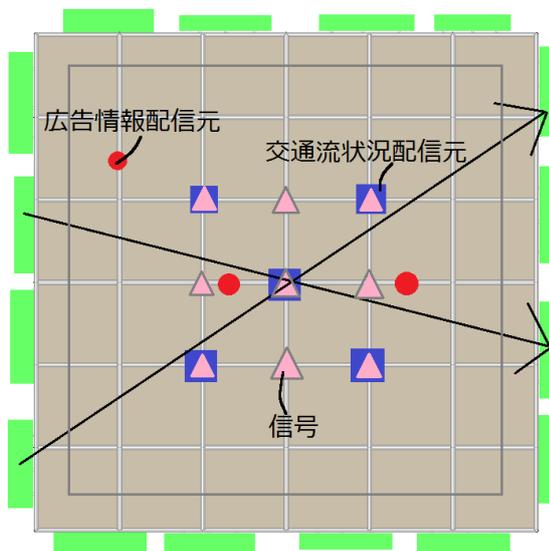


図 2: 交通シナリオの概要

図 2 における記号についてそれぞれ説明する。赤い丸は広告情報を配信する店舗の位置を、青い四角形は交通流状況を配信する交差点の位置をそれぞれ示す。また、ピンクの三角形は信号の存在する交差点を示す。マップの外側に存在する緑色の長方形は車両の初期位置と目的地を示す。矢印がでているものは初期位置とその初期位置における目的地の例を表すが、どの位置においても中心から対称となる位置を目指して走行するようにした。また、茶色の部分は

建物であり、10m の高さとした。この図において外側から 150m 地点にある灰色の線の外側ではパケットの送信や受信が行えないようになっている。これは車両が緑色の長方形部分で停留するからであり、それによって画像情報の拡散が非常に進んでしまうという問題を回避するためである。

5.2 シミュレーション結果

5.2.1 画像情報取得率と時間の関係

取得率については、パケット取得率と画像情報取得率について、時間変化とシミュレーションでの最終状態における取得率の分布のグラフを示す。取得率は 8 個の画像情報の取得率の平均をとったものである。まず時間変化によるパケット取得率についてのグラフをフラッディングと比較した図 3 と、提案手法でパラメータを変えたものを図 4 に示す。

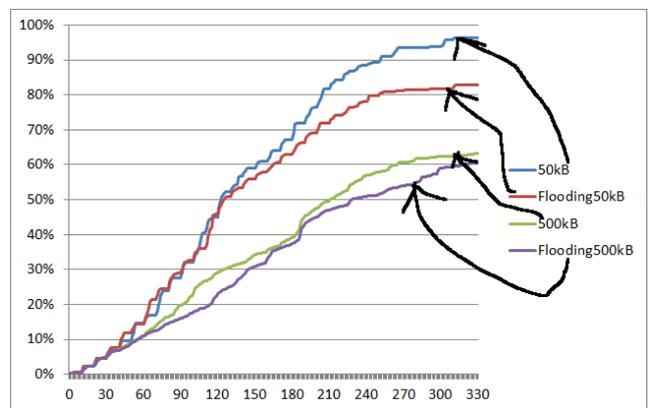


図 3: フラッディングと提案手法のパケット取得率の比較

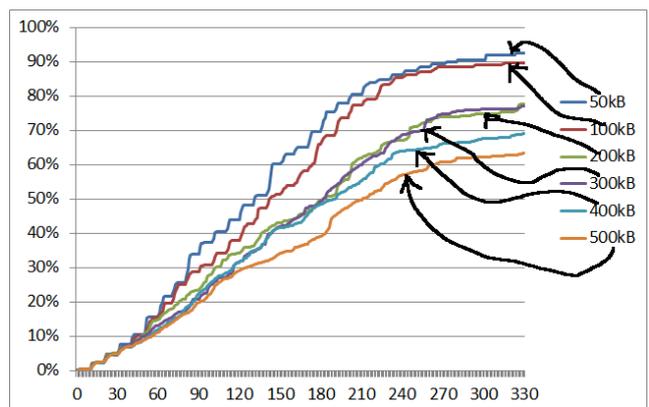


図 4: 提案手法におけるパケット取得率の時間変化

また、最終状態における画像情報取得率の分布について単純なフラッディングと比較したグラフを図 5 に、提案手法においてパラメータを変化させたグラフを図 6 に示す。

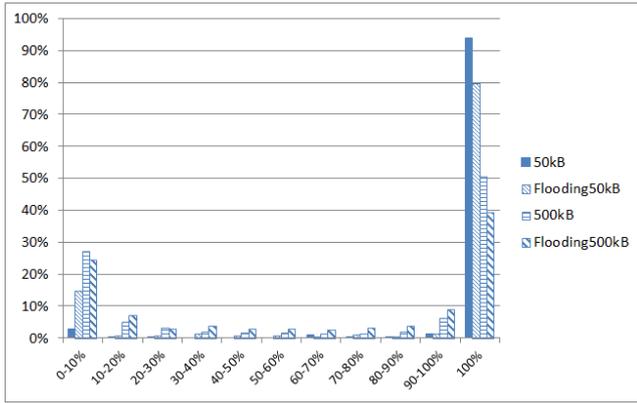


図 5: 最終状態におけるフラッディングと提案手法の画像情報取得率分布の比較

図 3 をみると、提案手法のほうが単純なフラッディングよりもパケット取得率が高いことがわかる。図 5 の取得率の分布においても 50kB では提案手法のほうが 100% における車両台数が多く、0-10% における車両台数が少なく、500kB では 0-10% における車両台数は多くなっているが、100% における台数では 10% 以上多くなっていることがわかる。

次に、図 4 のグラフから画像情報のサイズが大きくなるにつれて、取得率が落ちていく傾向にあることがわかる。パケット数が多くなることで全てのパケットを受信できている車両が減ってしまい、中継できる車両が減っている可能性がある。次に図 6 のグラフについてみてみると、全ての画像情報サイズにおいて、画像情報全てを取得できている車両か、ほとんど取得できていない車両の二極化の現象が起こっている。また、画像情報のサイズが大きくなるにつれて、取得率の分布が 0-10% から 30-40% の間が増えてきており、500kB では 0-10% の車両が 25% 以上存在している。

5.2.2 画像情報を受信完了した位置と配信元の位置関係

ここでは、画像情報を受信完了した際の位置と配信元の位置から距離を計算し、画像情報が広く拡散できているかについて評価した。

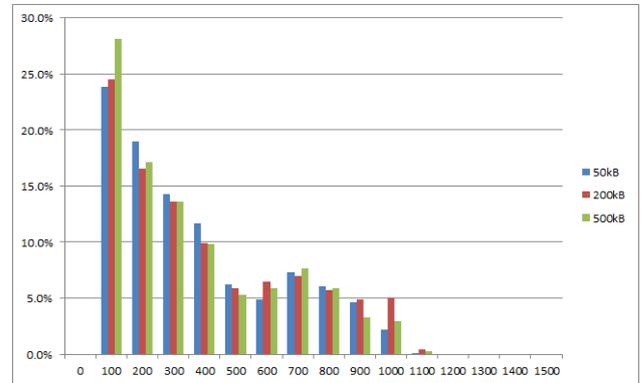


図 7: 受信完了時の位置と配信元の位置関係

図 7 のグラフをみると、100m から 400m 付近に集中していることがわかり、距離がのびるにつれて台数が減ってきている。しかし、伝送距離の影響からか 500m から 600m 付近において大きく取得台数が減っていることがわかる。また、交通流状況や広告情報を効果的にするには、侵入する交差点より一つ前の交差点で取得することが重要である。今回のマップでは交差点間隔が 300m であったため、全体としてみると 300m 以上で受信完了している車両台数が 100m と 200m を合わせたものよりも多くなっている。ここから、一つ手前の交差点以前で情報を取得できた車両が多いことがわかり、画像情報を広く拡散できたといえる。

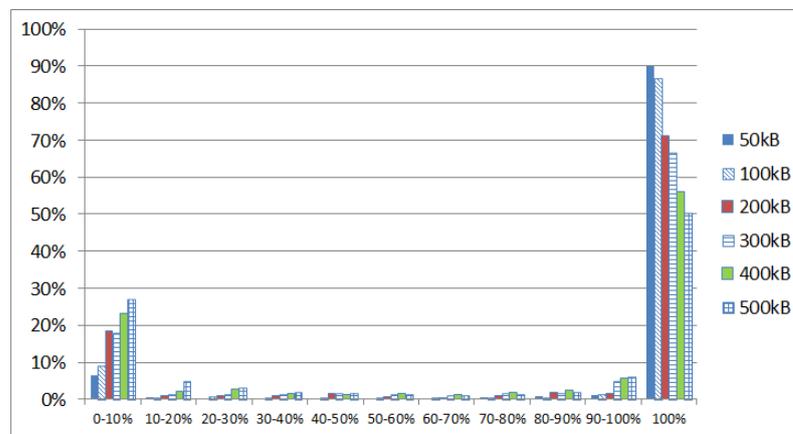


図 6: 提案手法における画像情報取得率の分布

6. 考察

6.1.1 送信機会占有の効果について

図 3, 図 5 から提案手法を単純なフラッディングと比較すると, どのデータサイズにおいても, 提案手法は取得率が高いことがわかる. また, 取得率の分布に注目すると 500kB において単純なフラッディングは 0-10%と 100%の間に車両台数があることがわかるが, 送信機会占有を行っている提案手法ではそれらの値が小さい. これらのことから, 送信機会占有を行うことは, ある程度大きなデータを送信する際に有効であることがわかる. ただし, フラッディングとの結果において予想よりも差が少ないことから, 帯域に余裕があると思われる. 更に車両台数を増やすことや, 交差点の間隔を狭くすることで隠れ端末等による衝突の問題を発生させることにより, 結果に差がでてくると考えられる.

6.1.2 画像情報取得率の分布の二極化について

図 5 や図 6 の取得率の分布が二極化したのは, 今回設定したシミュレーションでは帯域がまだ空いているということが考えられる. 特に, 図 5 のグラフではフラッディングの結果がでていますが, これについても提案手法と比較しても, 画像取得率の 100%の値は 10%ほど低い結果であり, 悪い結果になっていない. これらから帯域がまだ空いており, 隠れ端末による衝突等のパケットロスがあまり発生していないことがわかる. これを考えると, シナリオを定常状態にしてデータを取り始めることや, 更に配信間隔を短くして帯域が混むようにして評価を行う必要がある. これにより, 画像情報取得率の分布が変わる可能性があり, 具体的には取得率 100%の値が少なくなり, 80-90%や 90-100%の値が増えることが考えられる.

6.1.3 受信完了時の位置と配信元の位置関係のグラフについて

図 7 のグラフをみると 500m から 600m の値において受信完了している台数が減っていることがわかる. これは, 今回の無線伝送距離が 500m から 600m であることが影響していると考えられる. 500m から 600m 地点は伝送距離の端の部分であるため, 取得率が低くなっていることや隠れ端末による衝突の問題が発生していることが考えられる. その後 700m において台数が増えているのは, 2 ホップ目の中継が行われることによって増えていることが考えられる.

7. 終わりに

本研究では交通流情報と広告情報を配信する際に, ビデオ配信ではなく画像配信の形式にすることによってデータサイズを小さくすることにより, 周辺の一定範囲に効率よく配信する方式を提案した. シミュレーション結果から, 提案手法は単純なフラッディングより画像情報の取得率が

約 10%向上させることがわかった. 今回のシミュレーションシナリオでは混雑させるほどの転送を行っていなかったと考えられる. 今後の課題としては, 帯域を混雑させるシナリオを作成し, それによる取得率への影響を評価することや, より大きなマップや交差点の間隔を狭くすることや車両台数を増やすことによる影響について評価を行いたい.

参考文献

- 1) 小谷和也 et al.: 車車間通信による交差点鳥瞰映像ストリーミング手法の提案, 情報処理学会研究報告. ITS, [高度交通システム] 2009(24), 39-45, 2009
- 2) Meng Guo ; Ammar, M.H. ; Zegura, E.W.: V3: a vehicle-to-vehicle live video streaming architecture, PRECOM2005, pp.171-180, 2005
- 3) Fei Xie ; Hua, K.A. ; Wenjing Wang ; Ho, Y.H.: Performance Study of Live Video Streaming Over Highway Vehicular Ad Hoc Networks, VTC-2007 Fall. IEEE 66th, pp. 2121-2125, 2007
- 4) Brad Karp, H. T. Kung: GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks, Mobile Computing and Networking - MOBICOM, pp. 243-254, 2000
- 5) Scenargie: <http://www.spacetime-eng.com/jp/index.html>